

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-255305

(43)Date of publication of application : 10.09.2003

(51)Int.Cl. G02F 1/133  
 G02F 1/1337  
 G02F 1/1368  
 G09G 3/20  
 G09G 3/36

(21)Application number : 2002-052303 (71)Applicant : FUJITSU DISPLAY TECHNOLOGIES  
 CORP

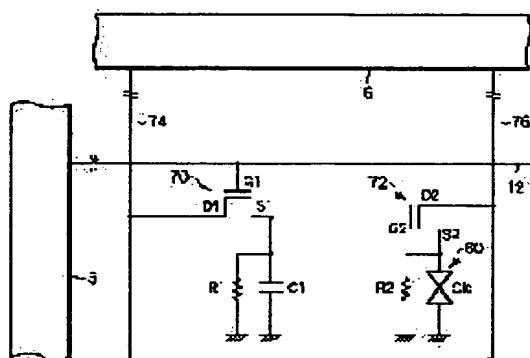
(22)Date of filing : 27.02.2002 (72)Inventor : UEDA KAZUYA  
 YOSHIDA HIDESHI  
 INOUE YUICHI  
 KOIKE YOSHIRO

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY AND DRIVING METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a liquid crystal display and a driving method therefor capable of a favorable visual angle characteristic, relating to the liquid crystal display device used for a display part of information equipment or the like.

**SOLUTION:** When a data voltage is applied to a gate electrode G2 of a TFT 72 at a relatively high level, a driving voltage is applied to a liquid crystal layer 57 for a long time to realize white display. When a data voltage is applied to the gate electrode G2 of the TFT 72 at a relatively low level, the driving voltage is not applied to the liquid crystal layer 57 to realize black display. When an intermediate data voltage between the above high and low levels is applied to the gate electrode G2 of the TFT 72, the TFT 72 maintains the ON state for the period decided by a time constant determined by capacitance C1 and resistance R1. Thus, half tone display is realized in proportion to the ON-state time of the TFT 72 during one frame period.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-255305

(P2003-255305A)

(43)公開日 平成15年9月10日(2003.9.10)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テーマコード <sup>*</sup> (参考) |
|--------------------------|-------|---------------|--------------------------|
| G 0 2 F 1/133            | 5 7 5 | G 0 2 F 1/133 | 5 7 5 2 H 0 9 0          |
| 1/1337                   |       | 1/1337        | 2 H 0 9 2                |
| 1/1368                   |       | 1/1368        | 2 H 0 9 3                |
| G 0 9 G 3/20             | 6 2 4 | G 0 9 G 3/20  | 6 2 4 B 5 C 0 0 6        |
|                          | 6 4 1 |               | 6 4 1 B 5 C 0 8 0        |

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2002-52303(P2002-52303)

(22)出願日 平成14年2月27日(2002.2.27)

(71)出願人 302036002

富士通ディスプレイテクノロジー株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72)発明者 上田 一也

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100108187

弁理士 横山 淳一

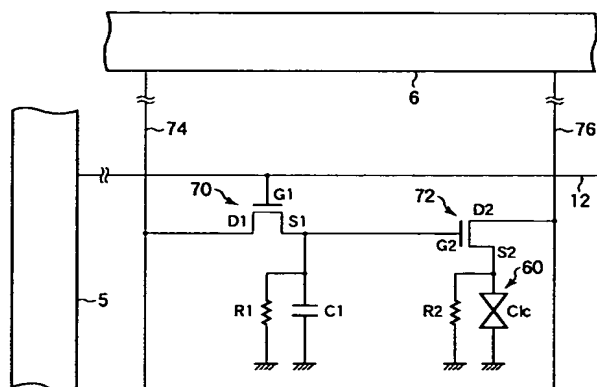
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 液晶表示装置及びその駆動方法

## (57)【要約】

【課題】本発明は、情報機器等の表示部に用いられる液晶表示装置及びその駆動方法に関し、良好な視角特性の得られる液晶表示装置及びその駆動方法を提供することことを目的とする。

【解決手段】相対的に高レベルのデータ電圧がT F T 7 2のゲート電極G 2に印加されると、液晶層5 7に駆動電圧が長時間印加されて白表示が実現される。相対的に低レベルのデータ電圧がT F T 7 2のゲート電極G 2に印加されると、液晶層5 7に駆動電圧が印加されず黒表示が実現される。上記高レベルおよび低レベルの中間のデータ電圧がT F T 7 2のゲート電極G 2に印加されると、T F T 7 2は、容量C 1と抵抗R 1により定まる時間定数で決まる時間だけオン状態を維持する。当該オン時間だけ液晶層5 7には駆動電圧が印加される。これにより、1フレーム期間中のT F T 7 2のオン時間の割合に応じて、中間調表示が実現される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】1 フレーム期間内の所定時間だけ画素の液晶に駆動電圧を印加し、  
前記駆動電圧の印加時間を変化させて前記画素に所定の階調を表示させることを特徴とする液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 2】請求項 1 記載の液晶表示装置の駆動方法において、  
前記駆動電圧の電圧レベルを変化させることを特徴とする液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 3】請求項 1 又は 2 に記載の液晶表示装置の駆動方法において、  
前記駆動電圧は、前記液晶が高速応答可能な電圧又は電圧範囲に設定されていることを特徴とする液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 4】対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板間に封止された液晶と、  
一方の前記基板上に形成されたゲートバスラインと、  
前記ゲートバスラインに絶縁膜を介して交差して形成され、所定の階調電圧が印加されるデータバスラインと、  
前記ゲートバスライン及び前記データバスラインの交差位置近傍に形成された第 1 の薄膜トランジスタと、  
前記第 1 の薄膜トランジスタのソース電極にゲート電極が接続された第 2 の薄膜トランジスタと、  
前記第 2 の薄膜トランジスタのソース電極に接続された画素電極と、  
前記第 2 の薄膜トランジスタのドレイン電極に接続され、前記液晶を駆動する駆動電圧が印加される駆動電圧バスラインとを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 5】請求項 4 記載の液晶表示装置において、  
前記第 1 の薄膜トランジスタのソース電極側に並列接続された第 1 の容量及び抵抗をさらに有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 6】請求項 4 又は 5 に記載の液晶表示装置において、  
前記第 2 の薄膜トランジスタのソース電極側に並列接続された第 2 の容量及び抵抗をさらに有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 7】対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板間に封止された液晶と、  
マトリクス状に複数配置され、前記液晶のプレチルト角が異なる複数の領域を有する複数の配向領域を備えた画素領域とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 8】請求項 7 記載の液晶表示装置において、  
前記液晶は、光硬化性組成物を硬化させた光硬化物を有し、  
少なくとも 1 つ以上の領域のプレチルト角は、前記光硬化物により規定されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 9】対向配置された一対の基板と、

前記一対の基板間に封止された液晶と、  
マトリクス状に配置された複数の画素領域と、  
前記画素領域に形成され、複数のストライプ状電極と前記ストライプ状電極間のスペースとを備え、前記ストライプ状電極及び／又は前記スペースが異なる幅で形成された画素電極とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 10】請求項 9 記載の液晶表示装置において、  
前記液晶は、光硬化性組成物を硬化させた光硬化物を有し、  
前記プレチルト角は、前記光硬化物により規定されていることを特徴とする液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報機器等の表示部に用いられる液晶表示装置及びその駆動方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、液晶表示装置は大型化、高階調化及び高コントラスト化が図られ、PC (Personal Computer) のモニタやテレビジョン受像機等に使用されるようになってきている。これらの用途では、表示画面をあらゆる方向から見る事ができるような優れた視角特性が要求される。

【0003】カラー液晶表示装置は、視角特性の点で未だ CRT (Cathode-Ray Tube) に及ばないため、広視野角化の実現が望まれている。液晶表示装置の広視野角化の手法として、MVA (Multi-domain Vertical Alignment) モードがある。図 27 は、MVA モードの液晶表示装置の概略の断面構成を示している。図 27 (a) は液晶層に電圧が印加されていない状態を示し、図 27 (b) は液晶層に所定の電圧が印加された状態を示している。図 27 (a)、(b) に示すように、液晶表示装置は、対向して配置された基板 302、304 を有している。両基板 302、304 上には、透明電極 (図示せず) が形成されている。また、一方の基板 302 上には線状の突起 306 が互いに平行に複数形成され、他方の基板 304 上には線状の突起 308 が互いに平行に複数形成されている。突起 306、308 は、基板面に垂直方向に見て、交互に配列するようになっている。

【0004】両基板 302、304 間には、負の誘電率異方性を有する液晶層 160 が封止されている。図 27 (a) に示すように、液晶分子 312 は、両基板 302、304 の対向面に形成された垂直配向膜 (図示せず) の配向規制力により基板面にほぼ垂直に配向している。突起 306、308 近傍の液晶分子 312 は、突起 306、308 により形成された斜面にほぼ垂直に配向する。すなわち、突起 306、308 近傍の液晶分子 312 は、基板面に対して傾いて配向している。

【0005】図27(b)に示すように、両基板302、304の透明電極間に所定の電圧が印加されると、突起306、308近傍の液晶分子312は、突起306、308の延伸方向に垂直な方向に傾斜する。その傾斜は突起306、308の間の各液晶分子312に伝播し、突起306、308間の領域の液晶分子312は同一方向に傾斜する。

【0006】このように、突起306、308等の配向規制用構造物を配置することにより、液晶分子312の傾斜方向を領域毎に規制することができる。配向規制用構造物を互いにはほぼ垂直な2方向に形成すると、液晶分子312は1画素内で4方向に傾斜する。各領域の視角特性が混合される結果、白表示又は黒表示において広い視野角が得られる。MVAモードの液晶表示装置では、表示画面に垂直な方向から上下左右方向への角度80°以上においても10以上のコントラスト比が得られている。

【0007】MVAモードの液晶表示装置は、高コントラスト及び高速応答を実現する垂直配向技術と、広視野角を実現する配向分割技術とが組み合わされて用いられている。配向分割技術では、線状の突起306、308や電極の抜き部(スリット)等の配向規制用構造物が基板上に形成される。これらの配向規制用構造物により液晶分子312の配向方向が規制されるとともに、生産性低下の大きな原因となるラビング処理が不要になるため、高生産性が実現される。

【0008】また、表示品位のさらに高いMVAモードの液晶表示装置を実現するため、液晶層160中に光硬化物を形成することによって、液晶分子312の配向規制力を高める技術がある。液晶表示パネル中に、光硬化性組成物(樹脂)を含む液晶を注入し、電圧を印加した状態で光硬化物を形成することにより、配向規制用構造物で分割されたそれぞれの配向領域全体に所定のプレチルト角を付与することができる。これにより、液晶分子312の配向異常領域が減少して高透過率化を実現できるとともに、液晶分子312の傾斜の伝播がほとんど不要になるため高速応答が実現できる。

【0009】配向規制用構造物には、突起306、308やスリット以外に微細電極パターンがある。図28は、微細電極パターンが形成された1画素を示している。図28に示すように、TFT基板102上には、図中左右方向に延びる複数のゲートバスライン104(図28では1本のみ示している)と、不図示の絶縁膜を介してゲートバスライン104に交差して図中上下方向に延びる複数のドレインバスライン106(図28では2本示している)とが形成されている。ゲートバスライン104とドレインバスライン106との交差位置近傍には、TFT110が形成されている。また、ゲートバスライン104及びドレインバスライン106で画定された長形状の画素領域のほぼ中央を横切って、蓄積容量

バスライン108が形成されている。

【0010】長形状の画素領域内には、4つの同一形状の長方形に分割する十字形状の接続電極120、122が形成されている。接続電極122は画素領域中央でドレインバスライン106に平行に形成され、接続電極120は蓄積容量バスライン108上に形成されている。また、接続電極120、122から45°の角度で延出して、微細電極パターンとなる複数のストライプ状電極124が形成されている。隣接するストライプ状電極124間には、電極を抜いた状態のスペース126が形成されている。接続電極120、122と複数のストライプ状電極124とスペース126とで画素電極が構成される。また、ストライプ状電極124とスペース126とで配向規制用構造物が構成されている。ストライプ状電極124は幅L1で形成され、スペース126は幅S1で形成されている。

【0011】図29及び図30は、図28のB-B線で切断した液晶表示装置の断面を示している。図29は液晶層160に電圧が印加されていない状態を示し、図30は液晶層160に電圧が印加された状態を示している。図29及び図30に示すように、TFT基板102は、ガラス基板150上にストライプ状電極124を有している。TFT基板102に対向配置されている対向基板103は、ガラス基板151上に共通電極154を有している。TFT基板102及び共通電極103の液晶層160に接する表面には、垂直配向膜152、153がそれぞれ形成されている。

【0012】液晶層160に電圧が印加されていない状態では、図29に示すように、液晶分子312は基板面にほぼ垂直に配向する。液晶層160に電圧が印加された状態では、図30に示すように、液晶分子312はストライプ状電極124の延伸方向の接続電極122、124側に倒れ、基板面にほぼ平行に配向する。

【0013】図28に示す構成によっても、液晶分子312の配向方向を1画素内で4分割することにより、白表示や黒表示において広い視野角が得られている。ただし、微細電極パターンのみでは液晶分子312の配向規制力が小さいため、上記と同様に、液晶層160内に光硬化物を形成して配向規制力が高められている。光硬化物は、光により重合可能な光硬化性組成物(モノマー)を液晶層160に混合し、所定の電圧を印加した状態で紫外線(UV; Ultra Violet rays)等の光を照射することにより形成される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】図31は、MVAモードの液晶表示装置の透過率特性(T-V特性)を示すグラフである。横軸は液晶層160への印加電圧(V)を表し、縦軸は光の透過率(%)を表している。グラフ中に実線で示す曲線Aは表示画面に垂直な方向(以下、「正面方向」という)でのT-V特性を示し、△印でブ

ロットされた実線で示す曲線Bは表示画面に対して方位角 $90^\circ$ 、極角 $60^\circ$ の方向（以下、「斜め方向」という）でのT-V特性を示している。ここで、方位角は、表示画面のほぼ中心から水平方向を基準として反時計回りに測った角度とする。また極角は、表示画面の中心に立てた垂線となす角とする。液晶表示装置の表示モードは、液晶層160への印加電圧を低下させて黒を表示させ、印加電圧を上昇させて白を表示させるノーマリブラックモードである。T-V特性は視野角によらず一定であることが望ましい。

【0015】しかしながら、図31に示すように、正面方向でのT-V特性を示す曲線Aと斜め方向でのT-V特性を示す曲線Bは、印加電圧約2.7V付近で交差している。斜め方向の透過率は、2.7V以下の印加電圧では正面方向の透過率より高く、2.7V以上の印加電圧では正面方向の透過率より低くなっている。このため、印加電圧が1.5Vから2.7Vの範囲では、斜め方向の透過率は正面方向より高くなっているために当該斜め方向から見ると表示画像が白っぽく見えてしまうという問題が生じる。また、斜め方向の透過率は、比較的高い印加電圧の範囲で正面方向の透過率よりも低下しているため、斜め方向から見たときには表示画面全体としてコントラストが低下する。

【0016】透過率は、液晶層160のリタデーション( $\Delta n \cdot d$ )に依存して変動する。斜め方向から見ると、当該斜め方向に傾く液晶分子312により液晶層160の実質的なリタデーションが小さくなるために上記の問題が生じる。また、色度についても、正面方向から見たときと斜め方向から見たときで各画素からの透過率の比重が変化するため色度が変化するという問題が生じている。

【0017】図32は、MVAモードの液晶表示装置の表示画面を複数の視野角から観察したT-V特性を示すグラフである。横軸は液晶層160への印加電圧(V)を表し、縦軸は光の透過率(%)を表している。グラフ中の曲線Aは正面方向でのT-V特性を示している。曲線B、C、D、Eは方位角 $90^\circ$ で極角がそれぞれ $20^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $80^\circ$ の方向でのT-V特性を示している。図32に示すように、領域Fで曲線Eにうねりが生じており、印加電圧を高くしても透過率が低下してしまう範囲が存在する。このため、正面方向と極角 $80^\circ$ の方向とで、表示画像が反転してしまうという問題が生じる。

【0018】本発明の目的は、良好な視角特性の得られる液晶表示装置及びその駆動方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的は、1フレーム期間内の所定時間だけ画素の液晶に駆動電圧を印加し、前記駆動電圧の印加時間を変化させて前記画素に所定の

階調を表示させることを特徴とする液晶表示装置の駆動方法によって達成される。

【0020】

【発明の実施の形態】〔第1の実施の形態〕本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置及びその駆動方法について図1乃至図15を用いて説明する。図1は、本実施の形態による液晶表示装置の概略構成を示している。液晶表示装置は、薄膜トランジスタ(TFT; Thin Film Transistor)等が形成されたTFT基板2とカラーフィルタ(CF; Color Filter)等が形成された対向基板4とを対向させて貼り合わせ、両基板2、4間に液晶を封止した構造を有している。

【0021】TFT基板2には、複数のバスラインを駆動するドライバICがそれぞれ実装されたゲートバスライン駆動回路5及びデータバスライン駆動回路6が設けられている。これらの駆動回路5、6は、制御回路7から出力された所定の信号に基づいて、走査信号やデータ信号を所定のゲートバスラインあるいはドレインバスラインに出力するようになっている。TFT基板2の素子形成面と反対側の基板面には偏光板8が配置され、偏光板8のTFT基板2と反対側の面にはバックライトユニット3が取り付けられている。一方、対向基板4のCF形成面と反対側の面には、偏光板8とクロスニコルに配置された偏光板9が貼り付けられている。

【0022】本実施の形態では、負の誘電率異方性を備え電圧無印加時に垂直配向する液晶を封止したノーマリブラックモードの液晶表示装置を用いている。図2を用いて液晶分子の配向状態による視角特性の変化について説明する。図2(a)は黒を表示しているときの液晶分子の配向状態を示し、図2(b)は白を表示しているときの液晶分子の配向状態を示している。また、図2

(c)は中間調を表示しているときの液晶分子の配向状態を示している。図2(a)に示すように、ガラス基板58上に形成された画素電極60と、ガラス基板59上に形成された共通電極62との間に電圧が印加されていない状態では、液晶分子56は基板面にほぼ垂直に配向している。この状態では、正面方向から見ると液晶層57で生じるリタデーションはほぼ0になるため黒が表示される。また、斜め方向から見た場合も図31に示すように、正面方向とほとんど同じ透過率の黒表示が得られる。

【0023】図2(b)に示すように、画素電極60と共通電極62との間に所定の電圧が印加され、液晶分子56が基板面に平行に配向している状態では、正面方向から見ると液晶層57で生じるリタデーションはほぼ $\lambda/2$ になるため白が表示される。また、斜め方向から見た場合には正面方向より透過率がやや低下してグレー表示となる(図31参照)。

【0024】また、図2(c)に示すように、液晶分子

56が基板面に対して所定の角度で傾いて配向している状態では、液晶層57のリタデーションは0から $\lambda/2$ の範囲で変化して、中間調が表示される。ところがこの中間調表示は、正面方向から見た場合に適正となるが、斜め方向から見た場合には視野角に依存して液晶層57のリタデーションが変化してしまうため所望の階調が得られない。例えば、図2(c)に示す斜め方向から見ると、本来グレーを表示させるはずがより白っぽい表示になってしまう。

【0025】図31に示すT-V特性では、既に説明したように、印加電圧が1.5Vから2.7Vの範囲の中間調表示では、斜め方向では透過率が正面方向より高くなっているために表示画像が白っぽく見えてしまう。例えば図31において、2Vの電圧を印加して正面方向から見て1%の透過率を得る場合には、斜め方向では概ねその5倍の透過率となってしまう。このように印加電圧が1.5Vから2.7Vの範囲の中間調表示では、液晶層57のリタデーションが視野角に依存して大きく変化してしまう結果、表示される中間調が視野角に応じて大きく変化してしまう。

【0026】それに対して白表示をさせた場合、すなわち図31に示すように最大階調電圧の5Vを液晶層57に印加して正面方向から見て30%の透過率を得る場合には、斜め方向では概ねその2/3倍程度の透過率が得られる。この場合にはコントラストが幾分低下するだけで白っぽさは生じない。さらに図31に示すように、黒表示をさせた場合は視野角による透過率の変動はより少なくなる。本実施の形態は、この点に着目して図3に示すような駆動方法を採用している。

【0027】図3は、本実施の形態によるノーマリブラックモードの液晶表示装置の液晶層57への印加電圧及び透過率の時間変化を示すグラフである。図3の上方のグラフ(a)はある画素における液晶層57への印加電圧の時間変化を示し、下方のグラフ(b)は当該画素の透過率の時間変化を示している。両グラフ(a)、

(b)は共通の横軸(時間軸: msec)で表されている。上方のグラフ(a)の縦軸は印加電圧(V)を表し、下方のグラフ(b)の縦軸は光の透過率(%)を表している。グラフ(a)に示すように、フレーム $f_n$ の周期は16.7msec(1/60sec)であり、液晶層はフレーム $f_n$ 毎に階調電圧の極性が反転するフレーム反転駆動方式で駆動されるようになっている。画素に印加される階調電圧Pは、正極性フレーム $f_n$ の例えば最初の50%の期間(1/120sec)中連続して+5.0Vのオンレベルに維持される。次いで階調電圧Pはオフレベルになり、残りの50%の期間(1/120sec)でコモン電位(例えば、0V)に維持される。

【0028】次のフレーム $f_{n+1}$ では、画素に印加される階調電圧Pはオンレベルになって最初の50%の期間

(1/120sec)中連続して-5.0Vの負極性の電圧レベルに維持される。次いで階調電圧Pは、残りの50%の期間(1/120sec)はオフレベルになってコモン電位に維持される。この例では、1フレーム周期の50%(デューティ比50%)の期間だけ階調電圧Pがオンレベルになるようにしている。デューティ比を変化させることにより、複数の階調を表示できる。このように本実施の形態による液晶表示装置の駆動方法は、1フレーム期間内の所定時間だけ画素の液晶に駆動電圧を印加し、駆動電圧の印加時間を変化させて画素に所定の階調を表示させるようにしている。駆動電圧の印加時間だけでなく駆動電圧の電圧レベルも変化させるようにしてもよい。

【0029】図3下方のグラフ(b)中の曲線Cは正面方向の透過率を示し、曲線Dは斜め方向の透過率を示している。グラフ(b)に示すように、正面方向及び斜め方向の光の透過率は、階調電圧Pに応じて変化している。階調電圧Pがオンレベル(±5.0V)のときには、曲線Cと曲線Dに示すように正面方向の透過率は斜め方向の透過率より大きくなっている。階調電圧Pがオフレベル(0V)のときには、斜め方向の透過率は正面方向の透過率より大きくなっている部分が存在するが、1フレーム $f_n$ の全期間での平均透過率は、正面方向の方が斜め方向より大きくなる。これにより、斜め方向の透過率が正面方向の透過率より大きくなると生じてしまう白っぽさを防止できる。したがって、各画素に印加する階調電圧Pの大きさを上記のように最大階調電圧(例えば±5V)にして、階調電圧Pを印加するデューティ比を変えることにより、白っぽさを抑えて各画素に階調表示することができるようになる。

【0030】また、階調電圧Pのオンレベルの大きさとデューティ比とをパラメータとして階調を設定することにより、図31に示した任意の印加電圧における正面方向と斜め方向の透過率の比率を適用することができる。したがって、透過率特性や応答特性を考慮して、階調電圧Pのオンレベルの大きさとデューティ比とを最適化することにより、全ての階調にわたって良好な視角特性を得ることができる。例えば、液晶層57に印加する電圧を、視角特性に優れる垂直配向状態及び平行配向状態となる電圧とし、それらの配向状態に対応する透過率特性に基づいて電圧の印加時間を変化させて階調表示を行うことにより、中間調表示においても優れた視角特性が得られる。

【0031】また、本実施の形態は、正面方向及び斜め方向から見たときの、階調による色度変化を抑える作用を有している。図3下方のグラフ(b)に示す例では、上記の通り、5.0Vの電圧を印加したときの光学特性(リタデーション)が全ての階調表示に反映される。したがって、5.0Vの電圧を印加したときに液晶層57に発生するリタデーションに対応する色度が全ての階調

において支配的となるため、階調による色度変化が大幅に少なくなり優れた表示特性が得られる。また、印加電圧の大きさとその電圧の印加時間とをパラメータとして各階調を設定することにより、任意のリタデーションに対応する色度を適用することができる。したがって、透過率特性や応答特性を考慮して電圧の大きさとその電圧の印加時間とを選択することにより、斜め方向から見ても階調による色度変化の少ない良好な視角特性が得られる。

【0032】液晶分子56の傾斜角度が変化する過程での光学特性の寄与を少なくするには、印加電圧の変化に伴う透過率変化が急峻な液晶すなわち光学応答性に優れた液晶パネルを用いることが望ましい。したがって、高速応答性に優れた液晶表示パネルに本実施の形態を適用すると、より優れた階調視角特性を得ることができる。同様の理由で、液晶が高速に応答可能な電圧又は電圧範囲を駆動電圧範囲に用いる方が、より優れた階調視角特性を得ることができる。以下、本実施の形態による液晶表示装置及びその駆動方法について実施例1-1及び1-2を用いてより具体的に説明する。

【0033】(実施例1-1) 本実施の形態の実施例1-1による液晶表示装置及びその駆動方法について図4及び図5を用いて説明する。まず、本実施例に用いる液晶表示装置について図1及び図27を参照しつつ説明する。TFT基板2には、高さ1.2 $\mu\text{m}$ で幅10 $\mu\text{m}$ の絶縁性を有する線状の突起が70 $\mu\text{m}$ 周期で互いに平行に複数形成されている。対向基板4には、幅10 $\mu\text{m}$ のスリットが同じく70 $\mu\text{m}$ 周期で互いに平行に複数形成されている。両基板2、4には垂直配向膜(例えばJSR社製)が塗布され、直径3.0 $\mu\text{m}$ の球状スペーサを散布して両基板2、4の配向規制用構造物が交互に配列するように貼り合わされている。両基板2、4間には負の誘電率異方性を有する液晶(例えばメルク社製)が封止されている。

【0034】次に、本実施例による液晶表示装置の駆動方法について説明する。上記の液晶表示装置に、フレーム反転の周波数が30Hz(フレーム周期1/60sec)で、デューティ比を画素毎に変化させることにより各画素の階調表示を行う。本実施例による液晶表示装置の液晶分子56は、電圧無印加状態で基板面にほぼ垂直に配向し、 $\pm 5.0\text{V}$ の電圧を印加した状態で基板面にほぼ水平に配向する。

【0035】図4は、本実施例による液晶表示装置の駆動方法を用いた場合のデューティ比の変化に対する透過率の変化を示すグラフである。横軸は液晶層57へ印加する階調電圧Pのデューティ比を表し、縦軸は光の透過率(%)を表している。グラフ中の実線で示す曲線Eは正面方向の透過率を示し、◇印でプロットされた実線で示す曲線Fは斜め方向の透過率を示している。図4に示すように、本実施例によれば、正面方向の透過率と斜め

方向の透過率の差が、図31に示す従来の液晶表示装置の駆動方法を用いたときと比較して極めて小さくなり、良好な階調視角特性が得られている。

【0036】図5は、本実施例による液晶表示装置の駆動方法を用いた場合の表示特性と従来のそれとを比較するグラフである。横軸は規格化透過率を表している。従来の駆動方法については、階調電圧が5.0Vのときの透過率で各透過率を規格化している。本実施例の駆動方法については、1フレーム全てに5.0Vの階調電圧を印加したときの透過率で各透過率を規格化している。縦軸は、正面方向の透過率に対する斜め方向の透過率の比率(透過率比)を対数で表している。グラフ中の△印でプロットされた実線で示す曲線Gは従来の液晶表示装置の駆動方法を用いた場合の透過率比を示し、◇印でプロットされた実線で示す曲線Hは本実施例による液晶表示装置の駆動方法を用いた場合の透過率比を示している。図5に示すグラフでは、規格化透過率によらず透過率比が一定、すなわちプロファイルが平坦である方が階調視角特性に優れている。また、透過率比が1.0に近い方がさらに階調視角特性に優れている。図5に示すように、本実施例によれば、従来透過率比が高かった低透過率での透過率比が低下してプロファイルがより平坦になっており、さらに全体的に透過率比が1.0に近づいている。したがって、従来と比較して優れた階調視角特性が得られることがわかる。

【0037】本実施例によれば、階調による色度変化についても大幅に改善される。例えば、白色の色度では、従来はx-y色度図上で0.04程度の色度シフトが生じるのに対し、本実施例では色度シフトを0.01未満に抑えることができる。また、改善が困難である赤(R)、緑(G)、青(B)単色の色度変化についても、同様の効果が得られる。

【0038】本実施の形態では、MVAモードの液晶表示装置を例に挙げたが、他のモードの液晶表示装置においても同様に階調視角特性を改善できる。例えば、正の誘電率異方性を有する液晶を封止したホモジニアス配向の液晶表示装置においても、本実施の形態を適用することにより優れた階調視角特性が得られる。

【0039】(実施例1-2) 次に、本実施の形態の実施例1-2による液晶表示装置及びその駆動方法について図6乃至図15を用いて説明する。図6は、本実施例による液晶表示装置の駆動方法を示す概念図である。図6(a)は黒に近いグレーを表示する場合の駆動状態を示し、図6(b)は白に近いグレーを表示する場合の駆動状態を示している。図6(a)、(b)では、横方向が1フレームの時間を表している。図6(a)に示すように、黒に近いグレーを表示する場合には、1フレーム期間のうち例えば4分の1の期間は白を表示させ(デューティ比25%)、残りの期間は黒を表示させる。また、図6(b)に示すように、白に近いグレーを表示す



る場合には、1フレーム期間のうち例えば6分の5の期間は白を表示させ（デューティ比83%）、残りの期間は黒を表示させる。このように、本実施例では黒表示と白表示のみを用いており、白を表示させる時間を1フレーム期間内で変化させ時間分割（デューティ比）で中間調表示を実現している。

【0040】例えばPDP（Plasma Display Panel）では、輝度の相対比の異なる複数のサブフィールド（例えば1、2、4、8、16、32）を組み合わせて64階調を実現している。しかし液晶表示装置では、液晶の応答特性やTFTの応答特性を考えるとPDPで用いられる方法の採用は極めて困難である。それに対し本実施例のようにすれば、通常の液晶とTFTとを用いて時間分割による多階調表示を容易に実現できる。

【0041】次に、本実施例による液晶表示装置の駆動方法について説明する。図7は、本実施例による液晶表示装置の1画素分の等価回路を示している。図7に示すように、図中上下方向には、データバスライン74と駆動電圧バスライン76とが互いにほぼ平行にそれぞれ複数本形成されている（図7ではそれぞれ1本のみ示している）。不図示の絶縁膜を介してデータバスライン74及び駆動電圧バスライン76にほぼ直交して複数のゲートバスライン12が形成されている（図7では1本のみ示している）。各データバスライン74及び各駆動電圧バスライン76はデータバスライン駆動回路6により駆動され、各ゲートバスライン12はゲートバスライン駆動回路5により駆動される。

【0042】1画素には2つのTFT70、72が形成されている。第1のTFT70のゲート電極G1は、ゲートバスライン12に接続されている。TFT70のドレイン電極D1はデータバスライン74に接続されている。TFT70のソース電極S1は、並列接続された容量（第1の容量）C1と抵抗（第1の抵抗）R1の一端に接続されるとともに、第2のTFT72のゲート電極G2に接続されている。容量C1と抵抗R1の他端は不図示の電源回路に接続されている。TFT72のドレイン電極D2は駆動電圧バスライン76に接続され、ソース電極S2は画素電極60に接続されている。画素電極60とコモン電極およびそれらに挟まれた液晶とで液晶容量（第2の容量）C1cが形成される。また、液晶層で抵抗（第2の抵抗）R2が形成されている。これにより、TFT72のソース電極S2は、並列接続された液晶容量C1cと抵抗R2の一端に接続されている。液晶容量C1cと抵抗R2の他端はコモン電位に維持されている。

【0043】ゲートバスライン12を介してゲート電極G1に所定のゲート電圧が印加されると、TFT70はオン状態になる。TFT70がオン状態になると、データバスライン74に印加されているデータ電圧がTFT

72のゲート電極G2に印加されるとともに容量C1に所定の電荷が充電される。TFT72のゲート電極G2に閾値電圧を超えるデータ電圧が印加されるとTFT72がオン状態になり、画素電極60に駆動電圧バスライン76からの駆動電圧が印加される。

【0044】TFT70がオフ状態になると、ゲート電極G2のゲート電圧Vg2は容量C1と抵抗R1により決定される時定数により時間の経過と共に低下する。ゲート電圧Vg2が閾値電圧以下になるとTFT72がオフ状態になる。TFT72がオフ状態になると、画素電極60に印加された駆動電圧は液晶容量C1cと抵抗R2により決定される時定数により時間の経過と共に低下する。

【0045】データバスライン74から相対的に高レベルのデータ電圧がTFT70を介して容量C1と抵抗R1およびTFT72のゲート電極G2に印加されると、TFT72は、比較的長時間オン状態を維持するので、液晶層57に駆動電圧が長時間印加されて白表示が実現される。

【0046】データバスライン74から相対的に低レベル（TFT72の閾値電圧以下）のデータ電圧がTFT70を介して容量C1と抵抗R1およびTFT72のゲート電極G2に印加されると、TFT72はオフ状態を維持するので、液晶層57に駆動電圧が印加されず黒表示が実現される。

【0047】データバスライン74から上記高レベルおよび低レベルの中間のデータ電圧がTFT70を介して容量C1と抵抗R1およびTFT72のゲート電極G2に印加されると、TFT72は、TFT70がオフになった後、容量C1と抵抗R1により定まる時定数で決まる時間だけオン状態を維持する。当該オン時間だけ液晶層57には駆動電圧が印加される。これにより、1フレーム期間中のTFT72のオン時間の割合に応じて、中間調表示が実現される。

【0048】図8は、本実施例による液晶表示装置の1画素の構成を示している。図9は図8のC-C線で切断した断面図であり、図10は図8のD-D線で切断した断面図である。図8乃至図10に示すように、TFT基板2上には、図8で左右方向に延びるゲートバスライン12とゲートバスライン12にほぼ平行に延びるコモンバスライン78とが、所定の間隙を介して隣接して同一の形成材料で形成されている。ゲートバスライン12及びコモンバスライン78に絶縁膜を介してほぼ直交して、データバスライン74と駆動電圧バスライン76とが画素領域を挟んで両側に形成されている。データバスライン74と駆動電圧バスライン76とは、同一の形成材料で形成されている。

【0049】ゲートバスライン12とデータバスライン74との交差位置近傍にはTFT70が形成されている。TFT70のドレイン電極D1は、データバスライ

ン74に接続されている。またソース電極S1は、コモンバスライン78にほぼ平行に形成された接続配線84にコンタクトホール82を介して接続されている。ソース電極S1からは、コモンバスライン78にほぼ平行なソース配線86が延出している。ソース配線86は、コンタクトホール80上に形成された比較的抵抗値の小さい誘電体90を介してコモンバスライン78に接続されている。誘電体90の形成材料には、レジストや紫外線硬化樹脂などが用いられる。接続配線84は、TFT72のゲート電極G2に接続されている。TFT72のドレイン電極D2は駆動電圧バスライン76に接続され、ソース電極S2はコンタクトホール222を介して画素電極60に接続されている。本実施例では、誘電体90が抵抗R1及び容量C1の誘電体として機能する。また、液晶層57は抵抗R2として機能する。

【0050】次に、本実施例による液晶表示装置の駆動方法を具体例に基づいて説明する。図11は、本実施例による液晶表示装置の2フレーム分の駆動波形等を示している。図11(a)はあるデータバスライン74に印加されるデータ電圧Vdの波形を示し、図11(b)はTFT70のゲート電極G1に印加されるゲート電圧Vg1の波形を示している。図11(c)はTFT72のゲート電極G2に印加されるゲート電圧Vg2の波形を示し、図11(d)は駆動電圧バスライン76に印加される液晶駆動電圧Vddとコモン電圧Vcomの波形を示している。また、図11(e)は画素電極60に印加される階調電圧Vpの波形を示し、図11(f)は画素の例えば正面方向の表示輝度Tpの波形を示している。図中横方向は時間を表している。図11(a)～(e)の縦方向は電圧レベルを表し、図11(f)の縦方向は輝度レベルを表している。

【0051】本実施例では、図11(d)に示すように、コモン電圧Vcom=+5Vとしている。そして、駆動電圧バスライン76には正極性駆動電圧Vddp=+10Vと逆極性駆動電圧Vddn=0Vとがフレーム毎に交互に出力されるようになっている。これにより、液晶層57が±5Vの駆動電圧でフレーム反転駆動される。以下、駆動電圧バスライン76に正極性駆動電圧Vddpが印加されているフレーム期間を正極性フレーム期間と呼び、駆動電圧バスライン76に逆極性駆動電圧Vddnが印加されているフレーム期間を逆極性フレーム期間と呼ぶことにする。

【0052】正極性フレーム期間での駆動電圧バスライン76には、正極性駆動電圧Vddp=+10Vが印加される。この正極性フレーム期間でTFT72を確実にオフ状態にするには、TFT72のゲート電圧Vg2は、ドレイン電圧の最小値（すなわち正極性駆動電圧Vddp=+10V）より5V程度低くさせておく必要がある。また、正極性フレーム期間でTFT72を確実にオン状態にするには、TFT72のゲート電圧Vg2は

ドレイン電圧の最大値（すなわち正極性駆動電圧Vddp=+10V）より高くさせる必要がある。そこで、図11(a)に示すように、正極性フレーム期間にはデータバスライン74に印加するデータ電圧Vdpは+5Vから+15Vまで（電圧幅10V）の間の電圧を印加するようにしている。

【0053】逆極性フレーム期間での駆動電圧バスライン76には、逆極性駆動電圧Vddn=0Vが印加される。この逆極性フレーム期間でTFT72を確実にオフ状態にするには、TFT72のゲート電圧Vg2は、ドレイン電圧の最小値（すなわち逆極性駆動電圧Vddn=0V）より5V程度低くさせておく必要がある。また、逆極性フレーム期間でTFT72を確実にオン状態にするには、TFT72のゲート電圧Vg2はドレイン電圧の最大値（すなわち逆極性駆動電圧Vddn=0V）より高くさせる必要がある。そこで、図11(a)に示すように、逆極性フレーム期間にはデータバスライン74に印加するデータ電圧Vdnは-5Vから+5Vまで（電圧幅10V）の間の電圧を印加するようにしている。

【0054】従って、図11(a)に示すように、データ電圧Vdは-5Vから+15Vまでの電圧幅20Vで変動する。このため、TFT70をスイッチング素子として確実に動作させるために、図11(b)に示すように、ゲートバスライン12に印加するゲート電圧Vg1は、TFT70のオフ時電圧Vg1(off)=-10V、オン時電圧Vg1(on)=+20Vとしている。

【0055】次に、順を追って駆動動作について説明する。

(1) 正極性フレーム期間の場合：例えば、階調電圧Vdp=+12Vがデータバスライン74に出力されているものとする（図11(a)参照）。次に、ゲートバスライン12にゲートパルスVg1(on)が出力されてTFT70がオン状態になる。TFT70がオン状態の間、データ電圧VdpがTFT72のゲート電極G2に印加されるとともに容量C1が充電される。TFT72のゲート電極G2には、図11(c)に示すようにゲート電圧Vg2(onp)(=+12V)が印加されてTFT72がオン状態になる。

【0056】次に、ゲート電圧がVg1(off)になってTFT70がオフ状態になると、所定の時定数で容量C1の電荷が放電され、図11(c)に示すように、TFT72のゲート電極G2に印加される電圧レベルが徐々に減少する。この電圧レベルは、次第にTFT72の閾値電圧Vthに近づいて遂にはそれより小さくなり、最終的にはVg2(offp)(=Vcom=+5V)になる。

【0057】このように、TFT72のオン時間は、ゲート電極G2に供給されるデータ電圧Vdpの大きさと容量C1および抵抗R1による減衰の時定数で定まる。

TFT72がオン状態において、図11(d)に示す正極性駆動電圧 $V_{ddp}=+10V$ が階調電圧 $V_p$ として画素電極60に書込まれ、TFT72のオン時間中当該電圧レベルが維持される(図11(e)参照)。この期間中、図11(f)に示すように液晶層には所定の透過率 $T_p$ が得られる。

【0058】TFT72のゲート電圧 $V_{g2}$ が所定の閾値電圧 $V_{th}$ 以下になるとTFT72はオフ状態になり、液晶容量 $C_{lc}$ と液晶抵抗 $R_2$ とに基づく時定数で階調電圧 $V_p$ はコモン電圧 $V_{com}$ にまで減少する(図11(e)参照)。これにより、図11(f)に示すように液晶層の透過率 $T_p$ は減少する。

【0059】(2)逆極性フレーム期間の場合:上述の正極性フレームに続いて同一階調を表示させる場合を例にとって説明する。まず、不図示の回路により容量 $C_1$ 及び抵抗 $R_1$ を介してTFT72のゲート電極G2のゲート電圧 $V_{g2}$ (offn)を $-5V$ に維持しておく。次いで、逆極性の階調電圧 $V_{dn}=+2V$ がデータバスライン74に出力される(図11(a)参照)。次に、ゲートバスライン12にゲートパルス $V_{g1}$ (on)が出力されてTFT70がオン状態になる。TFT70がオン状態の間、データ電圧 $V_{dn}$ がTFT72のゲート電極G2に印加されるとともに容量 $C_1$ が充電される。TFT72のゲート電極G2には、図11(c)に示すようにゲート電圧 $V_{g2}$ (onn)( $=+2V$ )が印加されてTFT72がオン状態になる。

【0060】次に、ゲート電圧が $V_{g1}$ (off)になってTFT70がオフ状態になると、所定の時定数で容量 $C_1$ の電荷が放電され、図11(c)に示すように、TFT72のゲート電極G2に印加される電圧レベルが徐々に減少する。この電圧レベルは、次第にTFT72の閾値電圧 $V_{th}$ に近づいて遂にはそれより小さくなり、最終的には $V_{g2}$ (offn)( $=-5V$ )になる。

【0061】このように、TFT72のオン時間は、ゲート電極G2に供給されるデータ電圧 $V_{dn}$ の大きさと容量 $C_1$ および抵抗 $R_1$ による減衰の時定数で定まる。TFT72がオン状態において、図11(d)に示す逆極性駆動電圧 $V_{ddn}=0V$ が階調電圧 $V_p$ として画素電極60に書込まれ、TFT72のオン時間中当該電圧レベルが維持される(図11(e)参照)。この期間中、図11(f)に示すように液晶層には所定の透過率 $T_p$ が得られる。

【0062】TFT72のゲート電圧 $V_{g2}$ が所定の閾値電圧 $V_{th}$ 以下になるとTFT72はオフ状態になり、液晶容量 $C_{lc}$ と液晶抵抗 $R_2$ とに基づく時定数で階調電圧 $V_p$ はコモン電圧 $V_{com}$ にまで減少する(図11(e)参照)。これにより、図11(f)に示すように液晶層の透過率 $T_p$ は減少する。

【0063】このように本実施例によれば、データバス

ライン74に出力するデータ電圧 $V_d$ の大きさに応じてTFT72のオン時間を制御できる。TFT72がオン状態では液晶層57には $+10V$ 又は $0V$ の駆動電圧 $V_{dd}$ が印加され、オフ状態ではコモン電圧 $V_{com}=+5V$ に等しくなる。このため、データ電圧 $V_d$ の大きさに応じて、1フレーム内で白を表示させる時間を制御することができる。

【0064】したがって、データ電圧 $V_d$ を最大にすると、ほぼ1フレーム期間中TFT72をオン状態に維持して白表示を得ることができ、データ電圧 $V_d$ を最小にすると、ほぼ1フレーム期間中TFT72をオフ状態に維持して黒表示を得ることができる。データ電圧を最大と最小との間の任意の値に設定することにより、1フレーム期間中でTFT72を任意の時間だけオン状態に維持してその後オフ状態にすることができる。これにより、中間調を表示させることができるようになる。本実施例によれば、一般の液晶材料およびTFT構造を用いて実施例1-1と同様の効果を得ることができる。

【0065】また、本実施例においては、液晶層57に印加された電圧を保持するのではなく放電させる必要があるため、抵抗値の大きい液晶を使用する必要はない。このためシアノ系のような液晶を使用することができ、液晶表示装置の応答速度を高めることが可能である。さらに、屈折率異方性 $\Delta n$ は大きい抵抗値の小さい塩素系液晶を使うことが可能なため、セル厚 $d$ を薄くすることができる。このため、さらに高速な応答の液晶表示装置を実現できる。

【0066】次に、本実施例による液晶表示装置の変形例について説明する。図12は、本変形例による液晶表示装置の構成を示している。図13は、図12のE-E線で切断した断面を示している。図12及び図13に示すように、本変形例による液晶表示装置では、図8に示す構成と異なりコモンバスライン78が形成されていない。接続配線84上には、絶縁膜88が開口されたコンタクトホール202が形成されている。TFT70のソース電極S1は接続配線84と、コンタクトホール202上に形成された抵抗体91とを介して対向基板4の共通電極62に接続されている。抵抗体91は所定のセル厚を保持する柱状スペーサになっている。抵抗体91の形成材料としては例えばレジストが好適である。本変形例では、抵抗体91は、抵抗 $R_1$ 及び容量 $C_1$ の誘電体として機能する。本変形例によっても上記実施例と同様の効果が得られる。

【0067】次に、本実施例による液晶表示装置の他の変形例について説明する。図14は、本変形例による液晶表示装置の構成を示している。図15は、図14のF-F線で切断した断面を示している。本変形例による液晶表示装置では、図8に示す構成と同様にコモンバスライン78が形成されている。接続配線84は、ゲートバスライン12とコモンバスライン78との間に形成され